

Docket No. 193130US2X/mtp



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Naoya WADA, et al.

GAU: 2731

SERIAL NO: 09/594,556

EXAMINER:

FILED: June 15, 2000

FOR: PHOTONIC NETWORK PACKET ROUTING METHOD AND PACKET ROUTER FOR PHOTONIC NETWORK

TC 2700 MAIL ROOM

SEP - 7 2000

RECEIVED

138
286
18/12

REQUEST FOR PRIORITY

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS
WASHINGTON, D.C. 20231

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number [US App No], filed [US App Dt], is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Provisional Application Serial Number, filed, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e).
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
JAPAN	11-355967	December 15, 1999

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number .
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
(B) Application Serial No.(s)
 - ☐ are submitted herewith
 - ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.

Marvin J. Spivak
Registration No. 24,913

Surinder Sachar
Registration No. 34,423



22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 10/98)

日本国特許庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application:

1999年12月15日

出願番号
Application Number:

平成11年特許願第355967号

出願人
Applicant(s):

郵政省通信総合研究所長

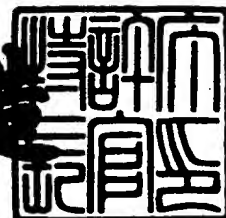
RECEIVED
SEP - 7 2000
TC 2700 MAIL ROOM

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2000年 8月11日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3062723

【書類名】 特許願

【整理番号】 CRL-99-37

【特記事項】 特許法第30条第1項の規定の適用を受けようとする特許出願

【提出日】 平成11年12月15日

【あて先】 特許庁長官 殿

【発明者】

【住所又は居所】 東京都小金井市貫井北町4-2-1 郵政省通信総合研究所内

【氏名】 和田 尚也

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科内

【氏名】 北山 研一

【特許出願人】

【識別番号】 391027413

【氏名又は名称】 郵政省通信総合研究所長 飯田 尚志

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 フォトニックネットワークのパケットルーティング方法および
フォトニックネットワーク用パケットルータ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光ファイバを伝送線路として用い多地点間の情報伝送を行う
フォトニックネットワークで送信先アドレス情報の付加されたパケットを伝送す
る際に、複数のトランクラインが結合するノードにおいてパケットを適切なトラ
ンクラインに振り分けるフォトニックネットワークのパケットルーティング方法
において、

パケットに付加する送信先アドレス情報は、光の属性を用いて光符号化してお
き、

フォトニックネットワークの各ノードでは、パケットのアドレス情報を光学的
相関演算によって識別し、その識別結果に基づいてパケットの出力経路を切り換
えるようにしたことを特徴とするフォトニックネットワークのパケットルーティ
ング方法。

【請求項 2】 パケットに付加する送信先アドレス情報の光符号化は、

パルス光源から出力される波長 λ のコヒーレントな光パルス进行分波し、チップ
数 N (但し、 $N \geq 2$) の光チップパルスに分割し、光チップパルス間に一定の遅
延時間差を与え、各光チップパルスのもつ光キャリア位相に “0” または “ π ”
の位相シフトを与えた後、全ての光チップパルスを再度合波することによって、
特定の中心周波数 λ と位相の組み合わせを持つ光符号に相当する光チップパルス
列を全光学的に生成するものとし、

フォトニックネットワークの各ノードでは、

光符号に相当する光チップパルス列を光周波数フィルタリングにより分波し、
各光チップパルス列に対して光符号化と逆の操作を施すことによって、光チップ
パルスの遅延および位相を回復した後、全ての光チップパルスを再度合波するこ
とにより光学的相関演算を行い、生成される自己相関関数の中心ピーク値にしき
い値処理を施し、“0” または “1” のビット列を全光学的に再生することでア
ドレス情報を復号化し、復号化したビット列を伝送路切替用の信号として光スイ

ッチを制御することにより、光スイッチの伝送路切換制御を行う、

ものとしたことを特徴とする請求項 1 に記載のフォトニックネットワークにおけるパケットルーティング方法。

【請求項 3】 パケットに付加する送信先アドレス情報の光符号化は、

パルス光源から出力される波長 λ のコヒーレントな光パルスに対し、時間波形のフーリエ変換を行い、生成される周波数スペクトル場各成分の位相に対し “0” または “ π ” の変化を、特定の符号に相当する組み合わせとして与えた後、フーリエ変換時と同様の方法で、逆フーリエ変換を行うことにより、スペクトル上で符号化された光符号を生成するものとし、

フォトニックネットワークの各ノードでは、

スペクトル上で符号化された光符号に対して、符号化と逆の操作を施すことにより、周波数スペクトル各成分の位相に与えられた変化を回復し、再生された単パルスに対してしきい値処理を施し、“0” または “1” のビット列を再生することにより、アドレス情報を復号化し、復号化したビット列を伝送路切換用の信号として光スイッチを制御することにより、光スイッチの伝送路切換制御を行う、

ものとしたことを特徴とする請求項 1 に記載のフォトニックネットワークのパケットルーティング方法。

【請求項 4】 時間波形のフーリエ変換には、回折格子とフーリエレンズを用いるものとしたことを特徴とする請求項 3 に記載のフォトニックネットワークのパケットルーティング方法。

【請求項 5】 時間波形のフーリエ変換には、AWG (arrayed-waveguide grating) を用いるものとしたことを特徴とする請求項 3 に記載のフォトニックネットワークのパケットルーティング方法。

【請求項 6】 光ファイバを伝送線路として用い多地点間の情報伝送を行うフォトニックネットワークで送信先アドレス情報の付加されたパケットを伝送する際に、複数のトランクラインが結合するノードに設けられ、パケットを適切なトランクラインに振り分けるフォトニックネットワーク用パケットルータにおいて、

光の属性を用いて光符号化された送信先アドレス情報の付加されたパケットが入力されると、このパケットを2分岐する分岐手段と、

上記分岐手段により分岐された一方のパケットを受け、当該パケットのアドレス情報を光学的相関演算によって識別し、その識別結果に基づいて振分制御信号を出力する振分制御手段と、

上記分岐手段により分岐された他方のパケットを受け、上記振分制御手段からの振分制御信号に基づいて当該パケットの出力経路を切り換えるスイッチ手段と

を備えることを特徴とするフォトニックネットワーク用パケットルータ。

【請求項7】 パルス光源から出力される波長 λ のコヒーレントな光パルス进行波し、チップ数 N （但し、 $N \geq 2$ ）の光チップパルスに分割し、光チップパルス間に一定の遅延時間差を与え、各光チップパルスのもつ光キャリア位相に“0”または“ π ”の位相シフトを与えた後、全ての光チップパルスを再度合波することによって生成された特定の中心周波数 λ と位相の組み合わせを持つ光符号に相当する光チップパルス列が、送信先アドレス情報として付加されたパケットが分岐手段により2分岐されるものとし、

上記振分制御手段は、

光符号に相当する光チップパルス列を光周波数フィルタリングにより分波するフィルタ手段と、

各光チップパルス列に対して光符号化と逆の操作を施すことによって、光チップパルスの遅延および位相を回復した後、全ての光チップパルスを再度合波することにより光学的相関演算を行い、生成される自己相関関数の中心ピーク値にしきい値処理を施し、“0”または“1”のビット列を全光学的に再生することでアドレス情報を復号化する復号化手段と、

を備え、

上記スイッチ手段は、

入力されたパケットを N 個の伝送路の何れかに振り分ける光スイッチを備え、

上記振分制御手段の復号化手段により復号化されたビット列を伝送路切替用の信号として、スイッチ手段の光スイッチを制御することにより、光スイッチの伝

送路切換制御を行うようにしたことを特徴とする請求項 6 に記載のフォトニックネットワーク用パケットルータ。

【請求項 8】 パルス光源から出力される波長 λ のコヒーレントな光パルスに対し、時間波形のフーリエ変換を行い、生成される周波数スペクトル場各成分の位相に対し“0”または“ π ”の変化を、特定の符号に相当する組み合わせとして与えた後、フーリエ変換時と同様の方法で、逆フーリエ変換を行うことにより、スペクトル上で符号化された光符号が、送信先アドレス情報として付加されたパケットが分岐手段により 2 分岐されるものとし、

上記振分制御手段は、

スペクトル上で符号化された光符号に対して、符号化と逆の操作を施すことにより、周波数スペクトル各成分の位相に与えられた変化を回復し、再生された単パルスに対してしきい値処理を施し、“0”または“1”のビット列を再生することにより、アドレス情報を復号化する復号化手段を備え、

上記スイッチ手段は、

入力されたパケットを N 個（但し、 $N \geq 2$ ）の伝送路の何れかに振り分ける光スイッチを備え、

上記振分制御手段の復号化手段により復号化されたビット列を伝送路切換用の信号として、スイッチ手段の光スイッチを制御することにより、光スイッチの伝送路切換制御を行うようにしたことを特徴とする請求項 6 に記載のフォトニックネットワーク用パケットルータ。

【請求項 9】 上記振分制御手段の復号化手段が行う時間波形のフーリエ変換には、回折格子とフーリエレンズを用いるものとしたことを特徴とする請求項 8 に記載のフォトニックネットワーク用パケットルータ。

【請求項 10】 上記振分制御手段の復号化手段が行う時間波形のフーリエ変換には、AWG (arrayed-waveguide grating) を用いるものとしたことを特徴とする請求項 8 に記載のフォトニックネットワーク用パケットルータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、

【0002】

【従来の技術】

送信情報を光信号に変換して point-to-point の伝送を行うフォトリック技術をネットワークに適用したフォトリックネットワークが提案されている。例えば、フォトリックネットワーク上でインターネットプロトコル (IP) パケットを送信する IP オーバーフォトリックネットワークを実現するためには、IP アドレスに応じて IP パケットを振り分けるフォトリック IP ルータが必要となる。

【0003】

図 13 に示すのは、従来提案されていたフォトリック IP ルーティングの概念図であり、IP アドレスとして Address #2 が付された第 2 パケット (Packet #2)、IP アドレスとして Address #3 が付された第 3 パケット (Packet #3)、IP アドレスとして Address #1 が付された第 1 パケット (Packet #1) の順で時系列に IP パケット群が、光信号入力ポート (IN) よりフォトリック IP ルータ (Photonic IP router) に入力されると、Address #2 の IP アドレスが付された第 2 パケットは第 2 光信号出力ポート (OUT2) へ、Address #3 の IP アドレスが付された第 3 パケットは第 3 光信号出力ポート (OUT3) へ、Address #1 の IP アドレスが付された第 1 パケットは第 1 光信号出力ポート (OUT1) へ、各々振り分けられて出力される。すなわち、フォトリック IP ルータは、各 IP パケットの IP アドレスを読み取り、各ポートへ IP パケットを振り分ける機能を有するのである。

【0004】

図 14 に示すのは、N 個の出力ポートを有するフォトリック IP ルータ 140 の概略構成であり、光入力ポート (IN) より入力された IP パケットは 2 つに分岐され、それぞれ振分制御部 141 とスイッチ部 142 に送られる。

【0005】

振分制御部 141 に送られた IP パケットは、光検波器 141 a により電気信号に変換され、信号処理装置 141 b により IP アドレスが読みとられ、このパケットのルーティング情報がコントローラ 141 c へ供給される。コントローラ 141 c は、このルーティング情報に基づいて当該パケットの振分先（第 1 ポート～第 N ポートの何れか）を特定する制御信号をスイッチ部 142 へ出力するのである。

【0006】

一方、スイッチ部 142 に送られた IP パケットは、光遅延器 142 a によって遅延された後、1 入力を N 出力に振り分ける $1 \times N$ 光スイッチ 142 b に入力される。そして、IP パケットが $1 \times N$ 光スイッチ 142 b に入力された時には、上記振分制御部 141 のコントローラ 141 c からの制御信号によって $1 \times N$ 光スイッチ 142 b の出力ポートが適宜に切り換えられ、当該 IP パケットの IP アドレスに適合した出力ポートから IP パケットが出力されることとなる。

【0007】

なお、上記した光スイッチ 142 b のスイッチング速度は、近年のフォトニクスデバイスの発達により、1 ns（1 GHz 相当）を切るものが実用化されている。また、実験室レベルではスイッチング速度が 100 ps を切るものも報告されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述したような従来のフォトニック IP ルータ 140 では、光信号を光電変換して IP パケットの IP アドレスを読み取り、コントローラ 141 c が光スイッチ 142 b の制御を行うまでのプロセスを電氣的に処理する構成であったため、振分制御部 141 のコントローラ 141 c から光スイッチ 142 b へ制御信号が供給されるまでの時間差を光遅延器 142 a によって埋めざるを得ず、光スイッチ 141 c のスイッチング速度がいかに高速化されようとも、フォトニック IP ルータ 140 全体としてのルーティング速度は向上しない。

【0009】

そこで、本発明は、フォトニックネットワークでパケット送信を行う際のパケ

ットルーティングを高速に行うためのルーティング方法とパケットルータの提供を目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記課題を解決するべく成されたもので、ルーティング速度向上の大きな妨げとなっていた、振分制御部で行われるパケットの振分制御処理、すなわち当該パケットの進むべきコース選択を電氣的信号で行う処理を、全て光学的に行うことで高速なルーティング速度を提供することを基本技術とする。

【0011】

斯くするために、請求項1に係るフォトニックネットワークのパケットルーティング方法は、光ファイバを伝送線路として用い多地点間の情報伝送を行うフォトニックネットワークで送信先アドレス情報の付加されたパケットを伝送する際に、複数のトランクラインが結合するノードにおいてパケットを適切なトランクラインに振り分けるフォトニックネットワークのパケットルーティング方法において、パケットに付加する送信先アドレス情報は、光の属性を用いて光符号化しておき、フォトニックネットワークの各ノードでは、パケットのアドレス情報を光学的相関演算によって識別し、その識別結果に基づいてパケットの出力経路を切り換えるようにしたことを特徴とする。

【0012】

また、請求項2に係るフォトニックネットワークのパケットルーティング方法は、上記請求項1において、パケットに付加する送信先アドレス情報の光符号化は、パルス光源から出力される波長 λ のコヒーレントな光パルスを分波し、チップ数 N （但し、 $N \geq 2$ ）の光チップパルスに分割し、光チップパルス間に一定の遅延時間差を与え、各光チップパルスのもつ光キャリア位相に“0”または“ π ”の位相シフトを与えた後、全ての光チップパルスを再度合波することによって、特定の中心周波数 λ と位相の組み合わせを持つ光符号に相当する光チップパルス列を全光学的に生成するものとし、フォトニックネットワークの各ノードでは、光符号に相当する光チップパルス列を光周波数フィルタリングにより分波し、各光チップパルス列に対して光符号化と逆の操作を施すことによって、光チップ

パルスの遅延および位相を回復した後、全ての光チップパルスを再度合波することにより光学的相関演算を行い、生成される自己相関関数の中心ピーク値にしきい値処理を施し、“0”または“1”のビット列を全光学的に再生することでアドレス情報を復号化し、復号化したビット列を伝送路切換用の信号として光スイッチを制御することにより、光スイッチの伝送路切換制御を行うものとしたことを特徴とする。

【0013】

また、請求項3に係るフォトニックネットワークのパケットルーティング方法は、上記請求項1において、パケットに付加する送信先アドレス情報の光符号化は、パルス光源から出力される波長 λ のコヒーレントな光パルスに対し、時間波形のフーリエ変換を行い、生成される周波数スペクトル場各成分の位相に対し“0”または“ π ”の変化を、特定の符号に相当する組み合わせとして与えた後、フーリエ変換時と同様の方法で、逆フーリエ変換を行うことにより、スペクトル上で符号化された光符号を生成するものとし、フォトニックネットワークの各ノードでは、スペクトル上で符号化された光符号に対して、符号化と逆の操作を施すことによって、周波数スペクトル各成分の位相に与えられた変化を回復し、再生された単パルスに対してしきい値処理を施し、“0”または“1”のビット列を再生することにより、アドレス情報を復号化し、復号化したビット列を伝送路切換用の信号として光スイッチを制御することにより、光スイッチの伝送路切換制御を行うものとしたことを特徴とする。

【0014】

また、請求項4に係るフォトニックネットワークのパケットルーティング方法は、上記請求項3において、時間波形のフーリエ変換には、回折格子とフーリエレンズを用いるものとしたことを特徴とする。

【0015】

また、請求項5に係るフォトニックネットワークのパケットルーティング方法は、上記請求項3において、時間波形のフーリエ変換には、AWG (arrayed-waveguide grating) を用いるものとしたことを特徴とする。

【0016】

一方、請求項6に係るフォトニックネットワーク用パケットルータは、光ファイバを伝送線路（4，5a，5b，5c）として用い多地点間の情報伝送を行うフォトニックネットワークで送信先アドレス情報の付加されたパケットを伝送する際に、複数のトランクラインが結合するノードに設けられ、パケットを適切なトランクラインに振り分けるフォトニックネットワーク用パケットルータ（例えば、フォトニックIPルータ1）において、光の属性を用いて光符号化された送信先アドレス情報の付加されたパケットが入力されると、このパケットを2分岐する分岐手段と、上記分岐手段により分岐された一方のパケットを受け、当該パケットのアドレス情報を光学的相関演算によって識別し、その識別結果に基づいて振分制御信号を出力する振分制御手段（6）と、上記分岐手段により分岐された他方のパケットを受け、上記振分制御手段からの振分制御信号に基づいて当該パケットの出力経路を切り換えるスイッチ手段（7）と、を備えることを特徴とする。

【0017】

また、請求項7に係るフォトニックネットワーク用パケットルータは、上記請求項6において、パルス光源から出力される波長 λ のコヒーレントな光パルス进行波し、チップ数 N （但し、 $N \geq 2$ ）の光チップパルスに分割し、光チップパルス間に一定の遅延時間差を与え、各光チップパルスのもつ光キャリア位相に“0”または“ π ”の位相シフトを与えた後、全ての光チップパルスを再度合波することによって生成された特定の中心周波数 λ と位相の組み合わせを持つ光符号に相当する光チップパルス列が、送信先アドレス情報として付加されたパケットが分岐手段により2分岐されるものとし、上記振分制御手段は、光符号に相当する光チップパルス列を光周波数フィルタリングにより分波するフィルタ手段と、各光チップパルス列に対して光符号化と逆の操作を施すことによって、光チップパルスの遅延および位相を回復した後、全ての光チップパルスを再度合波することにより光学的相関演算を行い、生成される自己相関関数の中心ピーク値にしきい値処理を施し、“0”または“1”のビット列を全光学的に再生することでアドレス情報を復号化する復号化手段と、を備え、上記スイッチ手段は、入力された

パケットをN個の伝送路の何れかに振り分ける光スイッチを備え、上記振分制御手段の復号化手段により復号化されたビット列を伝送路切換用の信号として、スイッチ手段の光スイッチを制御することにより、光スイッチの伝送路切換制御を行うようにしたことを特徴とする。

【0018】

また、請求項8に係るフォトニックネットワーク用パケットルータは、上記請求項6において、パルス光源から出力される波長 λ のコヒーレントな光パルスに対し、時間波形のフーリエ変換を行い、生成される周波数スペクトル場各成分の位相に対し“0”または“ π ”の変化を、特定の符号に相当する組み合わせとして与えた後、フーリエ変換時と同様の方法で、逆フーリエ変換を行うことにより、スペクトル上で符号化された光符号が、送信先アドレス情報として付加されたパケットが分岐手段により2分岐されるものとし、上記振分制御手段は、スペクトル上で符号化された光符号に対して、符号化と逆の操作を施すことによって、周波数スペクトル各成分の位相に与えられた変化を回復し、再生された単パルスに対してしきい値処理を施し、“0”または“1”のビット列を再生することにより、アドレス情報を復号化する復号化手段を備え、上記スイッチ手段は、入力されたパケットをN個（但し、 $N \geq 2$ ）の伝送路の何れかに振り分ける光スイッチを備え、上記振分制御手段の復号化手段により復号化されたビット列を伝送路切換用の信号として、スイッチ手段の光スイッチを制御することにより、光スイッチの伝送路切換制御を行うようにしたことを特徴とする。

【0019】

また、請求項9に係るフォトニックネットワーク用パケットルータは、上記請求項8において、振分制御手段の復号化手段が行う時間波形のフーリエ変換には、回折格子とフーリエレンズを用いるものとしたことを特徴とする。

【0020】

また、請求項10に係るフォトニックネットワーク用パケットルータは、上記請求項8において、振分制御手段の復号化手段が行う時間波形のフーリエ変換には、AWG (arrayed-waveguide grating) を用いるものとしたことを特徴とする。

【0021】

【発明の実施の形態】

次に、添付図面に基づいて、本発明に係るフォトニックネットワークのパケットルーティング方法を適用したフォトニックネットワーク用パケットルータの実施形態を説明する。

【0022】

図1に示すのは、インターネットプロトコル(IP)パケットを送信するIPオーバーフォトニックネットワークに用いるものとしたフォトニックネットワーク用パケットルータの基本構成である。本図において、フォトニックIPルータ1は、送信機2から光信号として送出されたIPパケット3…を光ファイバの伝送路4より受け、第1出力(OUT1)たる伝送路5a、第2出力(OUT2)たる伝送路5b、第3出力(OUT3)たる伝送路5cの何れかに振り分けて送信するもので、1×3のルーティング機能を有するものとしてある。

【0023】

送信機2は、各IPパケット3…のアドレス情報を、波長(λ_n)と符号(0、 π の組み合わせ)にマッピングして各IPパケット3…に付加し、光ファイバの伝送路4へ送り出す。例えば、IPパケット3aには、第1アドレス情報(Address #1)として“ $\lambda_n - 0\pi 0\pi 0\pi 0\pi$ ”を付加し、IPパケット3bには、第2アドレス情報(Address #2)として“ $\lambda_n - 0\pi 0\pi 0\pi 0$ ”を付加し、IPパケット3cには、第3アドレス情報(Address #3)として“ $\lambda_n - 0\pi\pi 000\pi 0$ ”を付加する。

【0024】

また、伝送路4よりフォトニックIPルータ1に入力された光信号は、2つに分岐され、一方は振分制御部6に、他方はスイッチ部7に各々入力される。振分制御部6に送られたIPパケット3…はフォトニックプロセッサ(Optical processor)6bによって、電気信号に変換されることなく、光信号のままIPアドレス情報の読取およびスイッチ制御用信号の出力が行われる。このフォトニックプロセッサ6bから出力されたスイッチ制御用信号は、光検波器(PD)6bにおいて高周波電気信号に変換され、スイッチ制御信号としてス

イッチ部7へ供給される。すなわち、フォトニックIPルータ1の振分制御部6においては、アドレス情報の読取およびスイッチ制御用信号の出力を光学的に処理することにより、大幅な処理時間の短縮を実現できるのである。

【0025】

一方、スイッチ部7に入力されたIPパケット3…は、光遅延器7aで振分制御部6との光路差に相当する時間的遅延を与えられた後に、 1×3 光スイッチ(1×3 optical switch)7bに供給され、上記振分制御部6からのスイッチ制御信号に基づいて、各IPアドレスに応じた出力ポートに振り分けるのである。例えば、第1アドレス情報の付加されたIPパケット3aは第1出力の伝送路5aに、第2アドレス情報の付加されたIPパケット3bは第2出力の伝送路5bに、第3アドレス情報の付加されたIPパケット3cは第3出力の伝送路5cに、各々振り分けられる。

【0026】

ここで、IPパケット3…へのアドレス情報の付加工程を送信機2の具体的構成を示す図2に基づいて詳細に説明する。

【0027】

10GHzの発信器(Generator)2aから信号を受けるモードロックレーザ(MLLD)2bをコヒーレントな光の光源とし、繰り返し周波数10GHz、半値幅2ps、中心周波数 λ のパルス列を生成する。このパルス列の時間波形を図3(a)に、周波数スペクトル特性を図3(b)に各々示す。このパルス列は、光帯域通過フィルタ2cに供給され、モードロックレーザ2bの発信中心波長と光帯域通過フィルタ2cの通過帯域特性により、大域的アドレス λ_n が付加されたパルス列として出力される。このようにして、使用帯域が決められたパルス列は光符号器2dに供給され、小域的アドレスが全光学的に光符号として付加される。

【0028】

そして、波長と符号により特定されるIPアドレスがマッピングされた光パルス列は、パケット用データ3'に従って強度変調器(EOM)2eにより変調され、更に光増幅器2fで増幅され、IPパケット3…として伝送路4へ送出され

る。

【0029】

なお、本実施形態においては、光の属性として、使用帯域 λ を制限して大域的アドレスを、パルス符号を付加して小域的アドレスを、各々送信用パケットに付加するものとしたが、例えば、使用帯域 λ のみでアドレス情報を特定したり、パルス符号のみでアドレス情報を特定したりするように構成することも可能である。

【0030】

図4に示すのは、PLC型8チップ光バイポーラ符号器より構成した光符号器2dの概略構成である。なお、この光符号器2dは、光信号の符号化だけでなく復号化にも用いることが可能である。

【0031】

光符号器2dに入射された光パルスは、可変光タップ41…と各可変光タップ41…を接続する光遅延線42…の作用により、5psごとの遅延時間差を持つ等強度の8つのチップパルスに分波される。分波された各チップパルスは、光位相器43…によって光キャリア位相に“0”または“ π ”の位相シフトが与えられ、合波器44により合波されることで8チップの光バイポーラ符号が生成される。ここで与えられる位相シフトの組み合わせが1つの符号に相当し、小域的アドレスコードに応じて各光移相器43の制御を行うことで、所望の光バイポーラ符号を生成できる。図5に示すのは、生成した8チップの光バイポーラ符号の例である。半値幅2psのパルスが5ps間隔で並び、それぞれ、0, π , 0, π , 0, π , 0, π のキャリア位相をもつ。

【0032】

上記のようにしてアドレス情報の付加されたIPパケットを受けるフォトリックIPルータ1の第1実施形態を図6に示す。なお、伝送線路から入力されたIPパケットが2つに分岐されて、振分制御部6とスイッチ部7に送られるのは上述したとおりである。

【0033】

振分制御部6に送られたIPパケットは、さらに出力ポート数と同数（本実施

形態においては 3) のアームに分波され、各アームにおいて、IP パケットは光帯域通過フィルタ 6 1 a, 6 1 b, 6 1 c により各々周波数フィルタリングされ、光復号器 6 2 a, 6 2 b, 6 2 c によるマッチトフィルタリングにより復号化され、光検波器 6 3 a, 6 3 b, 6 3 c により各々電気信号に変換される。ここで、光復号器 8 2 a ~ 8 2 c としては、上述したように、図 4 に示した PLC 型 8 チップ光バイポーラ符号器と同一の構造で実現可能である。また、光帯域通過フィルタ 6 1 a, 6 1 b, 6 1 c と光復号器 6 2 a, 6 2 b, 6 2 c をフォトリソグラフィにより構成することで、アドレス情報の読取およびスイッチ制御用信号の出力を全光学的に処理できる。

【0034】

図 7 に示すのは、光復号器 8 2 a ~ 8 2 c から出力される復号信号波形の例である。復号器自身が持つ符号と入力信号の符号とが一致した場合には、出力波形は高いピークを持つ波形となり（図 7 (a) 参照）、符号器自身が持つ符号と入力信号の符号とが不一致であった場合には、出力は常に高いピーク値は存在しない（図 7 (b) 参照）。従って、入力された IP パケットのアドレス情報を記述している周波数 λ_n が光帯域通過フィルタ 6 1 a ~ 6 1 c の通過帯域と一致し、更に、入力された IP パケットのアドレス情報を記述している符号が光復号器 8 2 a ~ 8 2 c 自身の持つ符号と一致した場合にのみ、高いピーク値を持つ光信号が復号器 8 2 a ~ c の何れか一つから出力されるのである。

【0035】

一方、スイッチ部 7 に入力された IP パケットは、光遅延器 7 1 で振分制御部 6 との光路差に相当する時間的遅延を与えられた後、3 つのアームに分波され、各アームには各々光ゲート 7 2 a, 7 2 b, 7 2 c が接続されている。なお、光ゲート 7 2 a ~ 7 2 c は、振分制御部 6 からスイッチ制御信号が入力された時だけゲートが開き、それ以外は常にゲートを閉じておく 1 × 3 光スイッチとして機能するもので、例えば、LiNbO₃ 強度変調器を各光ゲート (ON-OFF スイッチ) として用いることができる。

【0036】

上記のように構成したフォトリソグラフィ IP ルータ 1 において、第 1 アドレス情報

の付加された I P パケットが入力された場合には、光復号器 8 2 a のみから高いピーク値を持つ光信号が出力されることに基づいて光検波器 6 3 a のみからスイッチ制御信号が出力されて光ゲート 7 2 a が開いて第 1 出力ポートに I P パケットが振り分けられる。また、第 2 アドレス情報の付加された I P パケットが入力された場合には、光復号器 8 2 b のみから高いピーク値を持つ光信号が出力されることに基づいて光検波器 6 3 b のみからスイッチ制御信号が出力されて光ゲート 7 2 b が開いて第 2 出力ポートに I P パケットが振り分けられる。同様に、第 3 アドレス情報の付加された I P パケットが入力された場合には、光復号器 8 2 c のみから高いピーク値を持つ光信号が出力されることに基づいて光検波器 6 3 c のみからスイッチ制御信号が出力されて光ゲート 7 2 c が開いて第 3 出力ポートに I P パケットが振り分けられる。

【 0 0 3 7 】

図 8 に示すのは、第 2 実施形態に係るフォトニック I P ルータ 1' の概略構成である。入力される I P パケットのアドレス情報を復号化し、その復号化信号に基づくスイッチ制御信号により光スイッチを制御するという技術手段を採用した点は、上述した第 1 実施形態と同じであるが、フォトニック I P ルータ 1' においては、入力された光信号のロスを抑制できる点に大きな技術的特徴があり、以下、その構成を説明する。なお、第 1 実施形態と同様の機能を有する構成要件には各々同一符号を付して説明を省略する。

【 0 0 3 8 】

スイッチ制御部 7' に入力された I P パケットは、光遅延器 7 1 で振分制御部 6' との光路差に相当する時間的遅延を与えられた後、第 1 光スイッチ 7 3 a に入力され、I P パケットのアドレス情報が第 1 出力ポートへの振分に相当していれば、振分制御部 6' の光検波器 6 3 a からスイッチ制御信号が入力されることで、I P パケットは第 1 光スイッチ 7 3 a の A ポートから出力され、第 1 出力ポートに振り分けられる。

【 0 0 3 9 】

一方、I P パケットのアドレス情報が第 1 出力ポートへの振分に相当していなかった場合には、振分制御部 6' の光検波器 6 3 a から第 1 光スイッチ 7 3 a に

はスイッチ制御信号が入力されないので、IPパケットは第1光スイッチ73aのBポートから出力されて第2光スイッチ73bへ至る。そして、IPパケットのアドレス情報が第2出力ポートへの振分に相当していれば、振分制御部6'の光検波器63bからスイッチ制御信号が第2光スイッチ73bに入力されることで、IPパケットは第2光スイッチ73bのAポートから出力され、第2出力ポートに振り分けられる。ここで、1×2の光スイッチ（第1、第2光スイッチ73a、73b）としては、LiNbO₃のマッハツェンダー型2出力強度変調器を用いることができる。

【0040】

なお、IPパケットのアドレス情報が第1出力ポートへの振分にも第2出力ポートへの振分にも相当しなかった場合には、第2光スイッチ73bのBポートから出力されて、第3出力ポートに振り分けられる。

【0041】

上記した第2実施形態に係るフォトニックIPルータ1'によれば、スイッチ制御部7'で1×2光スイッチとしてON-OFFスイッチを用いていることから、上述した第1実施形態に係るフォトニックIPルータ1の如く、スイッチ部7において常に2/3のエネルギーを無駄にすることが無く、低損失のフォトニックIPルータを構成できるという利点を有する。

【0042】

図9に示すのは、第3実施形態に係るフォトニックIPルータ1''の概略構成である。入力されるIPパケットのアドレス情報を復号化し、その復号化信号を用いて光スイッチを制御するという技術手段を採用した点は、上述した第1実施形態および第2実施形態と同じであるが、フォトニックIPルータ1''においては、光スイッチの制御を光信号のまま行うようにし、光信号を電気信号に変換して光スイッチを制御することに起因する動作遅延を抑制した点に大きな技術的特徴があり、以下、その構成を説明する。なお、第1実施形態および第2実施形態と同様の機能を有する構成要件には各々同一符号を付して説明を省略する。

【0043】

フォトニックIPルータ1''において、スイッチ部7''に入ったIPパケット

は、第1光サーキュレータ74aを介して第1非線形光ループ鏡(NOLM#1)75aへ至る。この第1非線形光ループ鏡75aは、第1方向性結合器76とループ状の光ファイバ77と該光ファイバ77の適所に配される第2方向性結合器78とから構成してあり、方向性結合器76に至ったIPパケットは、光ファイバ77を右回転する成分と左回転する成分とに分波され、1回転した後に、第1方向性結合器76で合波される。この第1方向性結合器76で合波されたIPパケットは、通常時(第2方向性結合器78に制御信号のない状態)には第1非線形光ループ鏡75aの右側(入力と逆側)のアームに出力されるように、予め設定しておく。

【0044】

ここで、振分制御部6"の光帯域通過フィルタ61aおよび光復号器62aによってアドレス情報の読取およびスイッチ制御用信号の出力が行われると、光信号のままスイッチ制御信号としてスイッチ部7"に供給され、第1光遅延器71aを介して第1非線形光ループ鏡75aの第2方向性結合器78へ至る。そして、この第2方向性結合器78を介して、光ファイバ77を右回転中の光波とタイミングをあわせスイッチ制御信号を入力すると、相互位相変調によって右回転中の光信号の位相が変化し、この位相変化により、第1方向性結合器76で合波されたIPパケットは、第1非線形光ループ鏡75aの左側(入力と同じ側)のアームに出力されるようになる。

【0045】

つまり、振分制御部6"から第1非線形光ループ鏡75aへのスイッチ制御信号の有無によって、第1非線形光ループ鏡75aから出力される光信号(IPパケット)が左右にスイッチされるので、フォトニックIPルータ1"へ入力されたIPパケットのアドレス情報が第1出力ポートへの振分に該当した場合には、第1非線形光ループ鏡75aから再び第1光サーキュレータ74aへIPパケットが戻され、この第1光サーキュレータ74aによって第1出力ポート(OUT1)へ送出されるのである。

【0046】

一方、フォトニックIPルータ1"へ入力されたIPパケットのアドレス情報

が第 1 出力ポートへの振分に該当していなかった場合には、第 1 非線形光ループ鏡 7 5 a の右側（入力と逆側）のアームへ送出され、第 2 光サーキュレータ 7 4 a を介して第 2 非線形光ループ鏡（NOLM # 2） 7 5 b へ至る。この第 2 非線形光ループ鏡 7 5 b も、第 1 方向性結合器 7 6 とループ状の光ファイバ 7 7 と該光ファイバ 7 7 の適所に配される第 2 方向性結合器 7 8 とから構成しており、方向性結合器 7 6 に至った IP パケットは、光ファイバ 7 7 を右回転する成分と左回転する成分とに分波され、1 回転した後に、第 1 方向性結合器 7 6 で合波される。この第 1 方向性結合器 7 6 で合波された IP パケットも、通常時（第 2 方向性結合器 7 8 に制御信号のない状態）には第 2 非線形光ループ鏡 7 5 b の右側（入力と逆側）のアームに出力されるように、予め設定しておく。

【0047】

ここで、振分制御部 6'' の光帯域通過フィルタ 6 1 b および光復号器 6 2 b によってアドレス情報の読取およびスイッチ制御用信号の出力が行われると、光信号のままスイッチ制御信号としてスイッチ部 7'' に供給され、第 2 光遅延器 7 1 b を介して第 2 非線形光ループ鏡 7 5 b の第 2 方向性結合器 7 8 へ至る。そして、この第 2 方向性結合器 7 8 を介して、光ファイバ 7 7 を右回転中の光波とタイミングをあわせスイッチ制御信号を入力すると、相互位相変調によって右回転中の光信号の位相が変化し、この位相変化により、第 1 方向性結合器 7 6 で合波された IP パケットは、第 2 非線形光ループ鏡 7 5 b の左側（入力と同じ側）のアームに出力されるようになる。

【0048】

つまり、振分制御部 6'' から第 2 非線形光ループ鏡 7 5 b へのスイッチ制御信号の有無によって、第 2 非線形光ループ鏡 7 5 b から出力される光信号（IP パケット）が左右にスイッチされるので、フォトニック IP ルータ 1'' へ入力された IP パケットのアドレス情報が第 2 出力ポートへの振分に該当した場合には、第 2 非線形光ループ鏡 7 5 b から再び第 2 光サーキュレータ 7 4 b へ IP パケットが戻され、この第 2 光サーキュレータ 7 4 b によって第 2 出力ポート（OUT 2）へ送出されるのである。

【0049】

なお、IPパケットのアドレス情報が第1出力ポートへの振分にも第2出力ポートへの振分にも該当しなかった場合には、第2非線形光ループ鏡75bの右側（入力と逆側）のアームへ送出され、第3出力ポートに振り分けられる。

【0050】

上述したように、第3実施形態に係るフォトニックIPルータ1''においては、非線形光ループ鏡（NOLM）を光対光の1×2スイッチとして用いることで、スイッチ制御用信号を電気に変換することなく、直接光でスイッチ制御が行うことが可能となり、電気回路のボトルネックに依存しない超高速のフォトニックIPルーティングが実現可能となる。

【0051】

上述した第1～第3実施形態に係るフォトニックIPルータ1、1'、1''においては、何れも、周波数帯域とパルス符号によってIPアドレスを生成するものとして示したが、IPパケットに付加するIPアドレスの生成法はこれに限定されるものではない。以下に、周波数スペクトルを用いたIPアドレスの符号化／復号化の具体例を説明する。

【0052】

図10に示すのは、光パルスの周波数スペクトルに位相シフトを与えるための概略構成である。まず、入力された光パルスは第1全反射鏡101aと第1回折格子102aで時空変換された後、第1フーリエレンズ103aでフーリエ変換される。フーリエ変換によって形成された周波数スペクトル場に対し、特定の符号パターンを持つマスク104で光位相のマスキング（“0”または“ π ”の位相シフトを与える）を行う。マスキングされた場を、第2フーリエレンズ103bで逆フーリエ変換した後、第2回折格子102bと第2全反射鏡101bで逆時空変換を行うことにより、周波数スペクトル符号化が行われる。なお、上記と同様の方法によって、周波数スペクトルに与えた位相シフトを回復できるので、これと同様の構成で周波数スペクトルの復号化にも対応できる。

【0053】

また、図11に示すのは、光パルスの周波数スペクトルに位相シフトを与えるための他の構成例である。まず、入力された光パルスは、第1AWG（a r r a

yed-waveguide grating) 111で周波数スペクトル成分に分解される。各周波数スペクトル成分は各光相シフタ 112…で、ある特定の符号パターンに従った位相変化（“0”または“ π ”）を与えられた後、第2 AWG 113で時間波形に再び変換する事により、周波数スペクトル符号化が行われる。この構成例においても、上記操作と同様の方法で、周波数スペクトルに与えた位相シフトを回復できるので、同様の構成で周波数スペクトルの復号化にも対応できる。

【0054】

また、図12に示すのは、光パルスの周波数スペクトルに位相シフトを与えるための他の構成例である。まず、入力された光パルスは、AWG 121で周波数スペクトル成分に分解される。各周波数スペクトル成分は各光位相シフタ 122…で、ある特定の符号パターンに従った位相変化（必要な変化量の半分に当たる“0”または“ $\pi/2$ ”）を与えられた後、全反射鏡 123で反射され、再び各光位相シフタ 122…で位相変化を与えられた後、AWG 121で時間波形に再び変換する事により、周波数スペクトル符号化が行われる。この構成例においても、上記操作と同様の方法で、周波数スペクトルに与えた位相シフトを回復できるので、同様の構成で周波数スペクトルの復号化にも対応できる。

【0055】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項1に係るフォトニックネットワークのパケットルーティング方法によれば、光の属性を用いて光符号化した送信先アドレス情報をパケットに付加しておき、パケットを受けたフォトニックネットワークの各ノードでは、パケットのアドレス情報を光学的相関演算によって識別し、その識別結果に基づいてパケットの出力経路を切り換えるものとしたので、アドレス情報を電気信号に変換してアドレス情報に応じた出力経路へ切り換えていた旧来のパケットルーティング方法よりも高速なパケットルーティングを行うことが可能となる。そして、請求項1に係るパケットルーティング方法は、フォトニック技術を転送機能にまで活用可能としたので、超高速・高機能なフォトニックネットワークを実現するための、基盤技術としても幅広い利用が期待される。

【0056】

また、請求項6に係るフォトリックネットワーク用パケットルータによれば、光の属性を用いて光符号化した送信先アドレス情報が付加されたパケットを分岐手段により振り分け制御手段とスイッチ手段とに2分岐して供給し、分岐手段により分岐された一方のパケットを受けた振分制御手段は、当該パケットのアドレス情報を光学的相関演算によって識別し、その識別結果に基づいて振分制御信号を出力し、分岐手段により分岐された他方のパケットを受けたスイッチ手段は、振分制御手段からの振分制御信号に基づいて当該パケットの出力経路を切り換えるので、アドレス情報を電気信号に変換してアドレス情報に応じた出力経路へ切り換えていた旧来のパケットルータよりも高速なパケットルーティングを行うことが可能となる。そして、請求項6に係るパケットルータを、フォトリックネットワーク上の各ノードに用いることで、超高速・高機能なフォトリックネットワークの実現を期せる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係るフォトリックIPルータを含むフォトリックネットワークの概念図である。

【図2】

IPアドレスを付加したIPパケットを送出する送信機の概略構成を示す機能ブロック図である。

【図3】

- (a) 生成されたパルス列の時間波形特性図である。
- (b) 生成された信号の周波数スペクトル特性図である。

【図4】

光符号器および光復号器として機能するPLC型8チップ光バイポーラ符号器の概略構成を示す機能ブロック図である。

【図5】

図4のPLC型8チップ光バイポーラ符号器により生成された8チップの光バイポーラ符号の特性図である。

【図 6】

第 1 実施形態に係るフォトニック IP ルータの概略構成を示す機能ブロック図である。

【図 7】

(a) 復号器自身が持つ符号と入力信号の符号とが一致した場合に光復号器から出力される復号信号波形の特性図である。

(b) 復号器自身が持つ符号と入力信号の符号とが一致しなかった場合に光復号器から出力される復号信号波形の特性図である。

【図 8】

第 2 実施形態に係るフォトニック IP ルータの概略構成を示す機能ブロック図である。

【図 9】

第 3 実施形態に係るフォトニック IP ルータの概略構成を示す機能ブロック図である。

【図 1 0】

光パルスの周波数スペクトルに位相シフトを与える第 1 例を示す概略構成図である。

【図 1 1】

光パルスの周波数スペクトルに位相シフトを与える第 2 例を示す概略構成図である。

【図 1 2】

光パルスの周波数スペクトルに位相シフトを与える第 3 例を示す概略構成図である。

【図 1 3】

従来のフォトニック IP ルーティング（出力 3 ポート）の概念図である。

【図 1 4】

従来のフォトニック IP ルータの概略構成を示す機能ブロック図である。

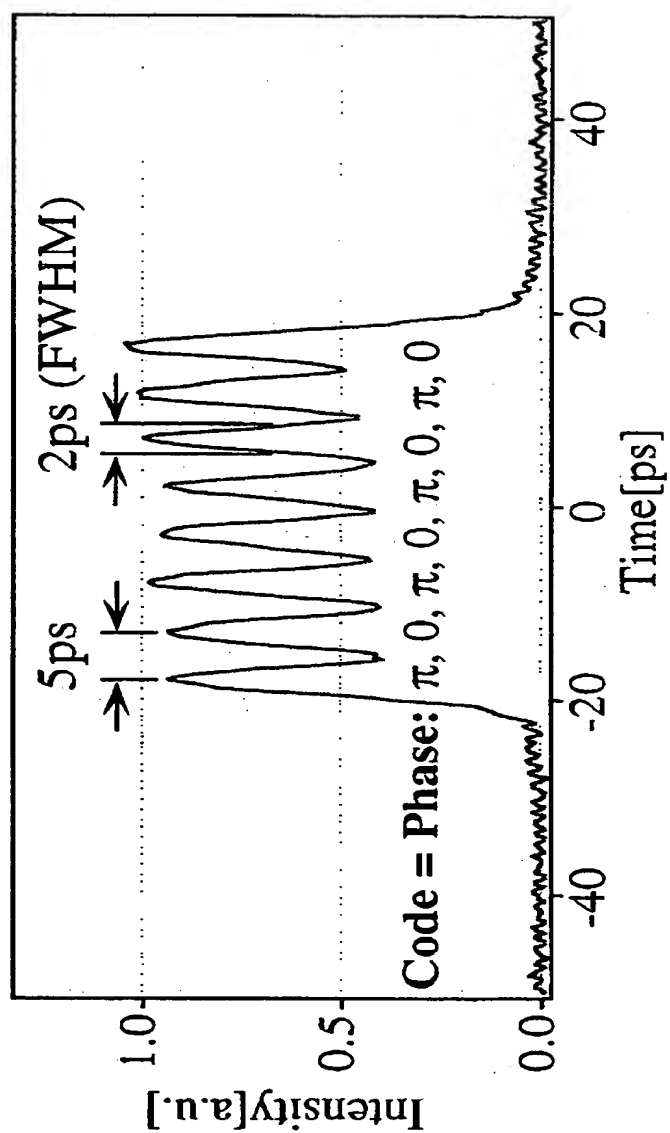
【符号の説明】

1 フォトニック IP ルータ

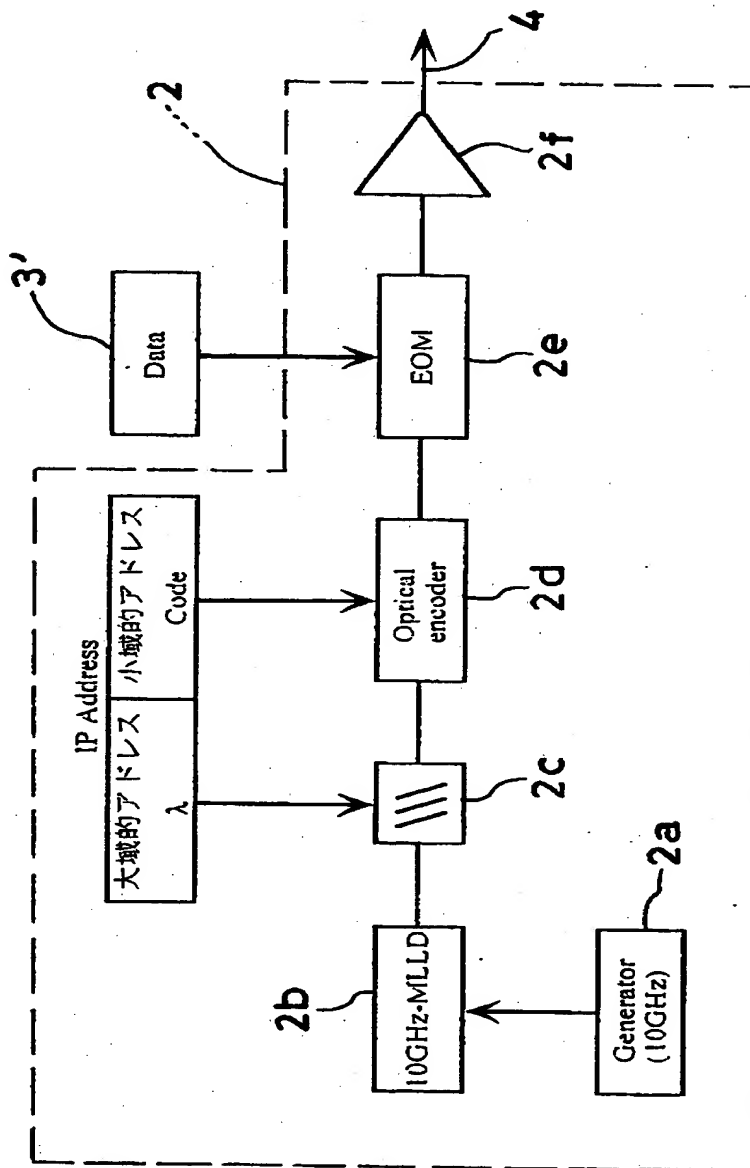
- 4 伝送路
- 5 a 伝送路
- 5 b 伝送路
- 5 c 伝送路
- 6 振分制御手段
- 7 スイッチ手段

【書類名】 図面

【図 1】

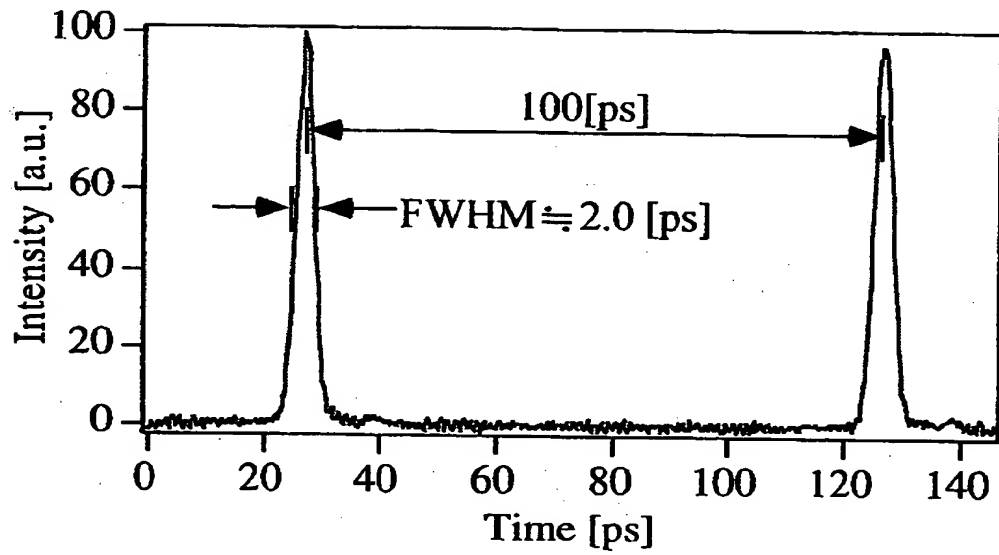


【図 2】

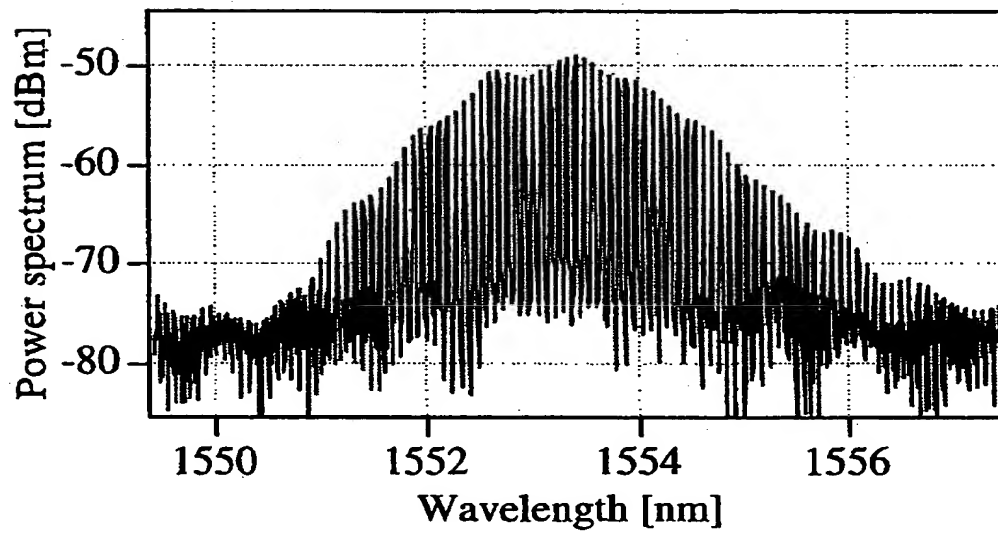


【図 3】

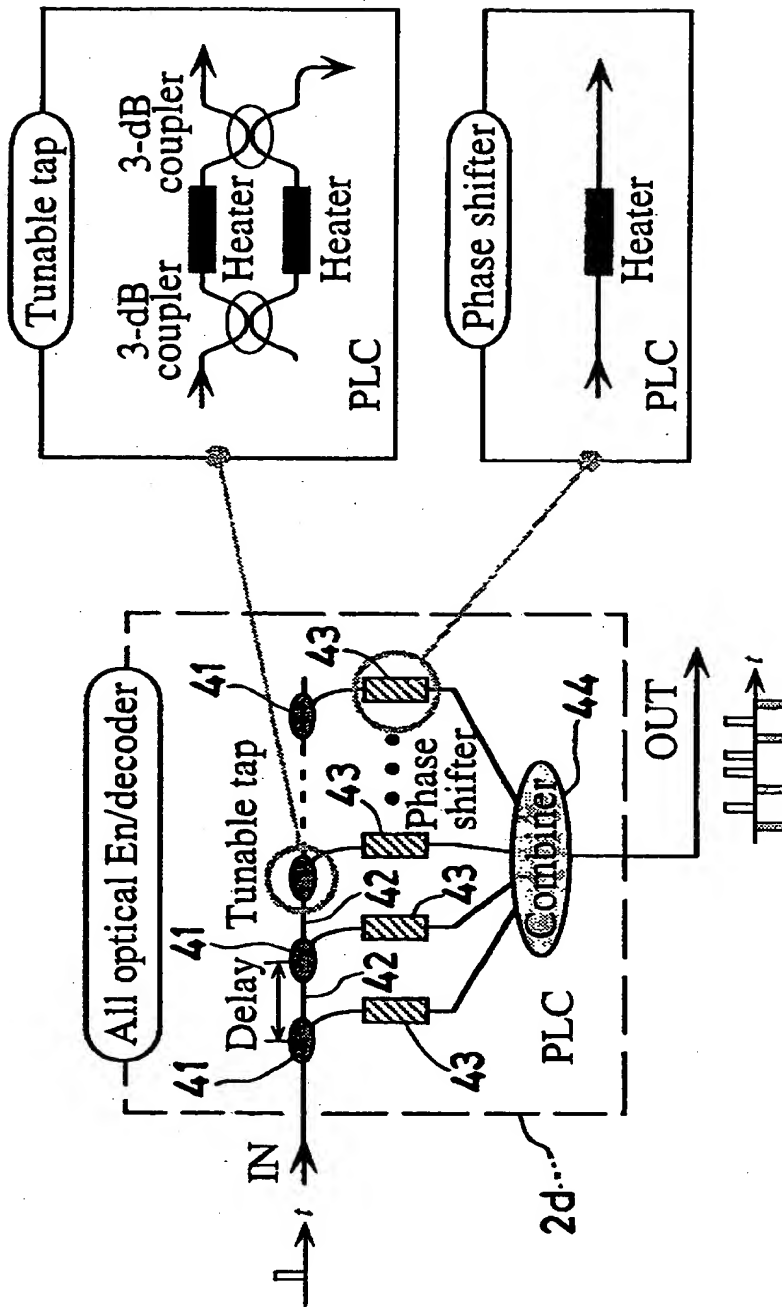
(a)



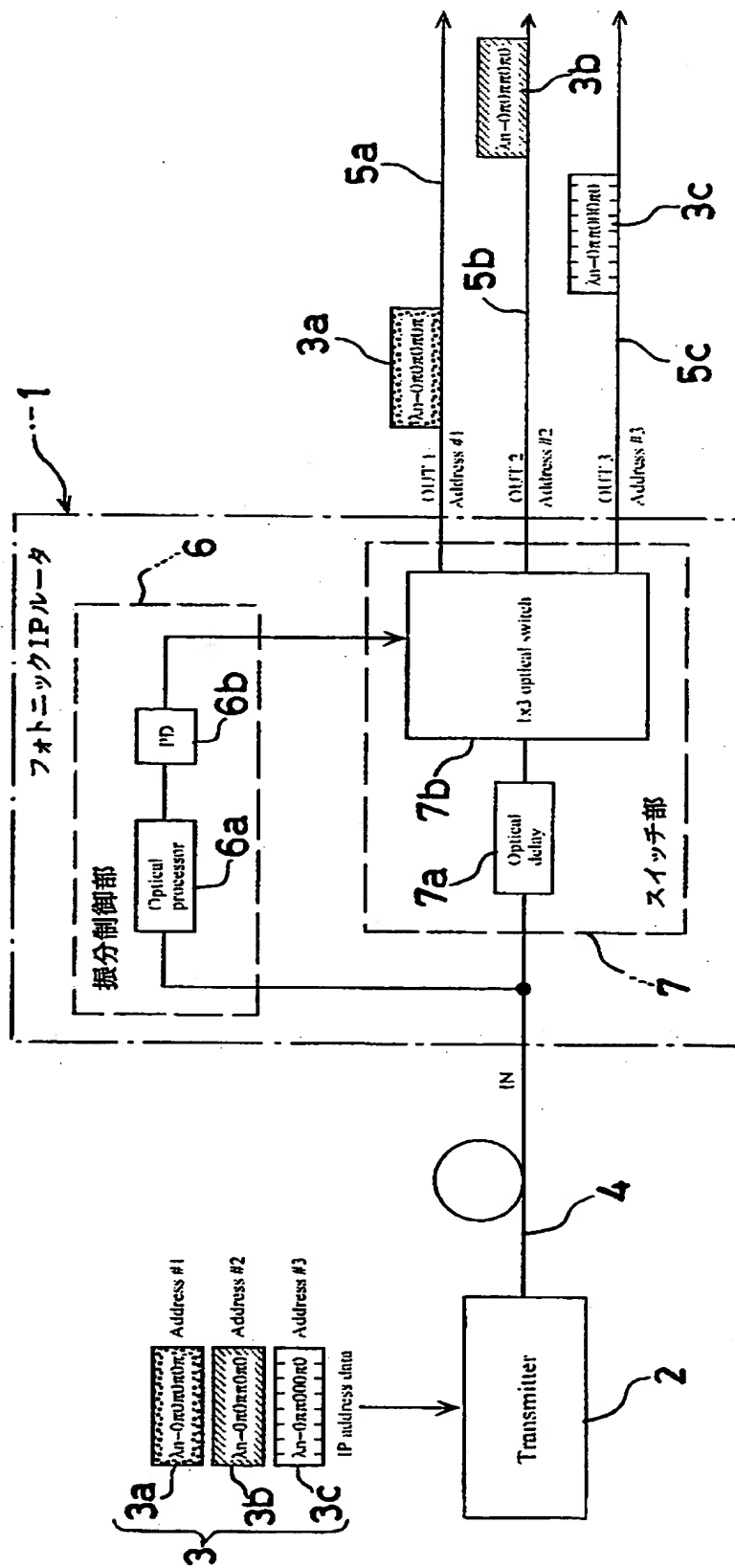
(b)



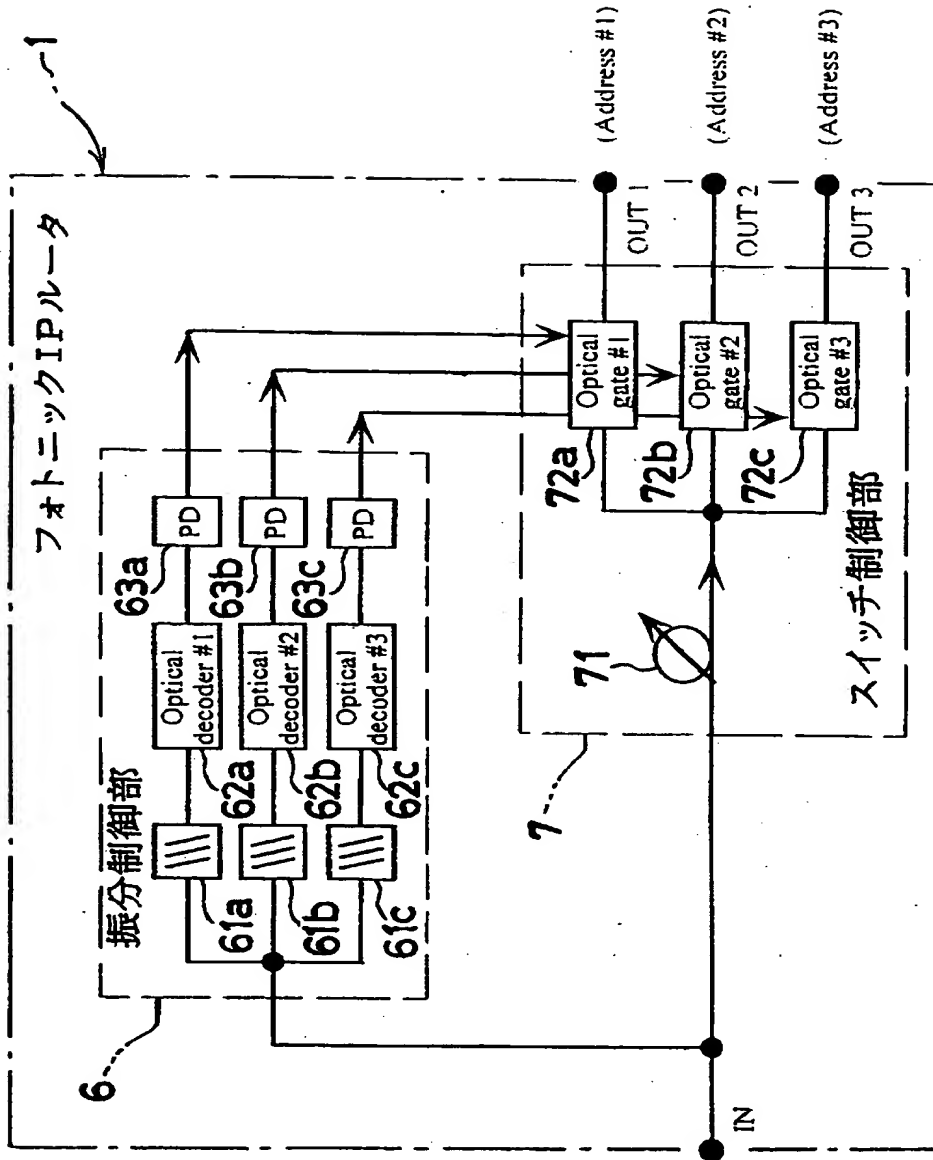
【図 4】



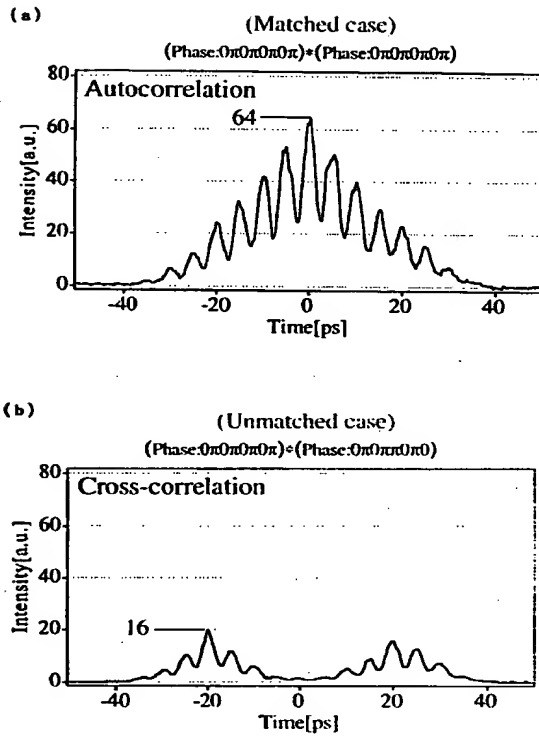
【図 5】



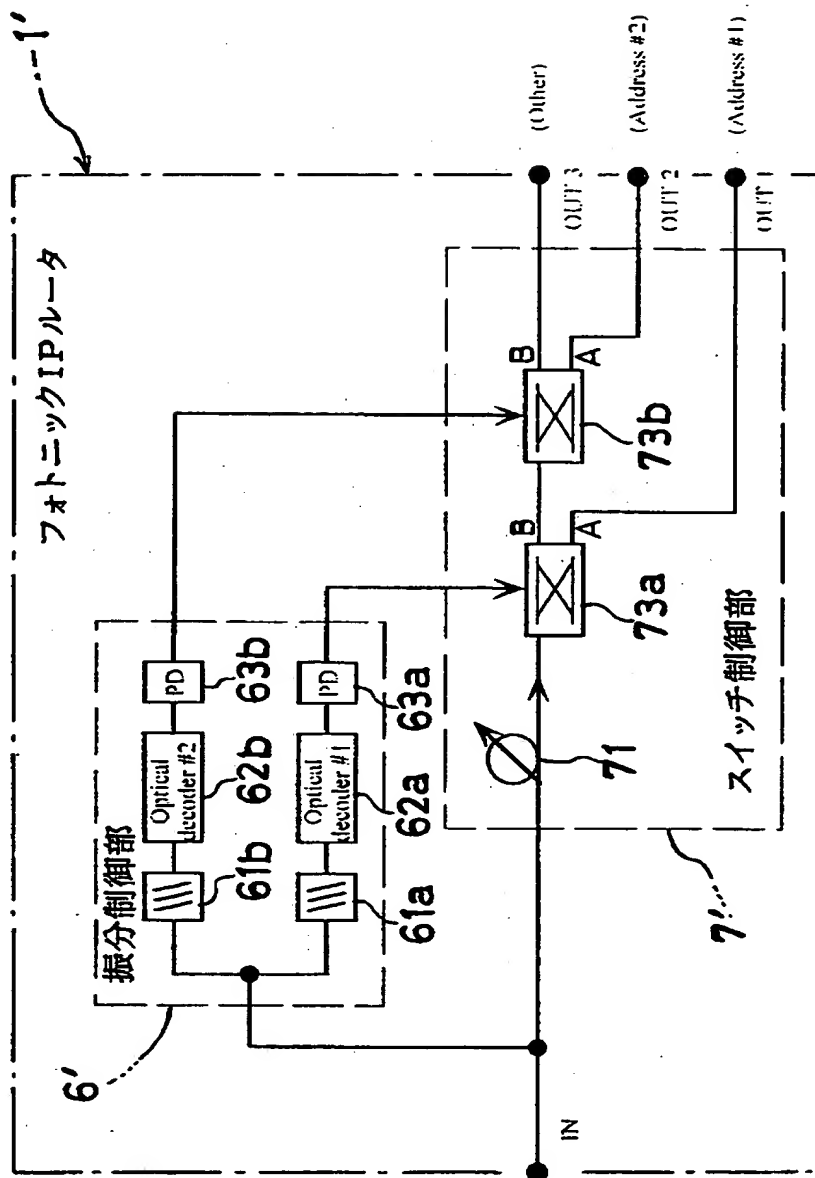
【図 6】



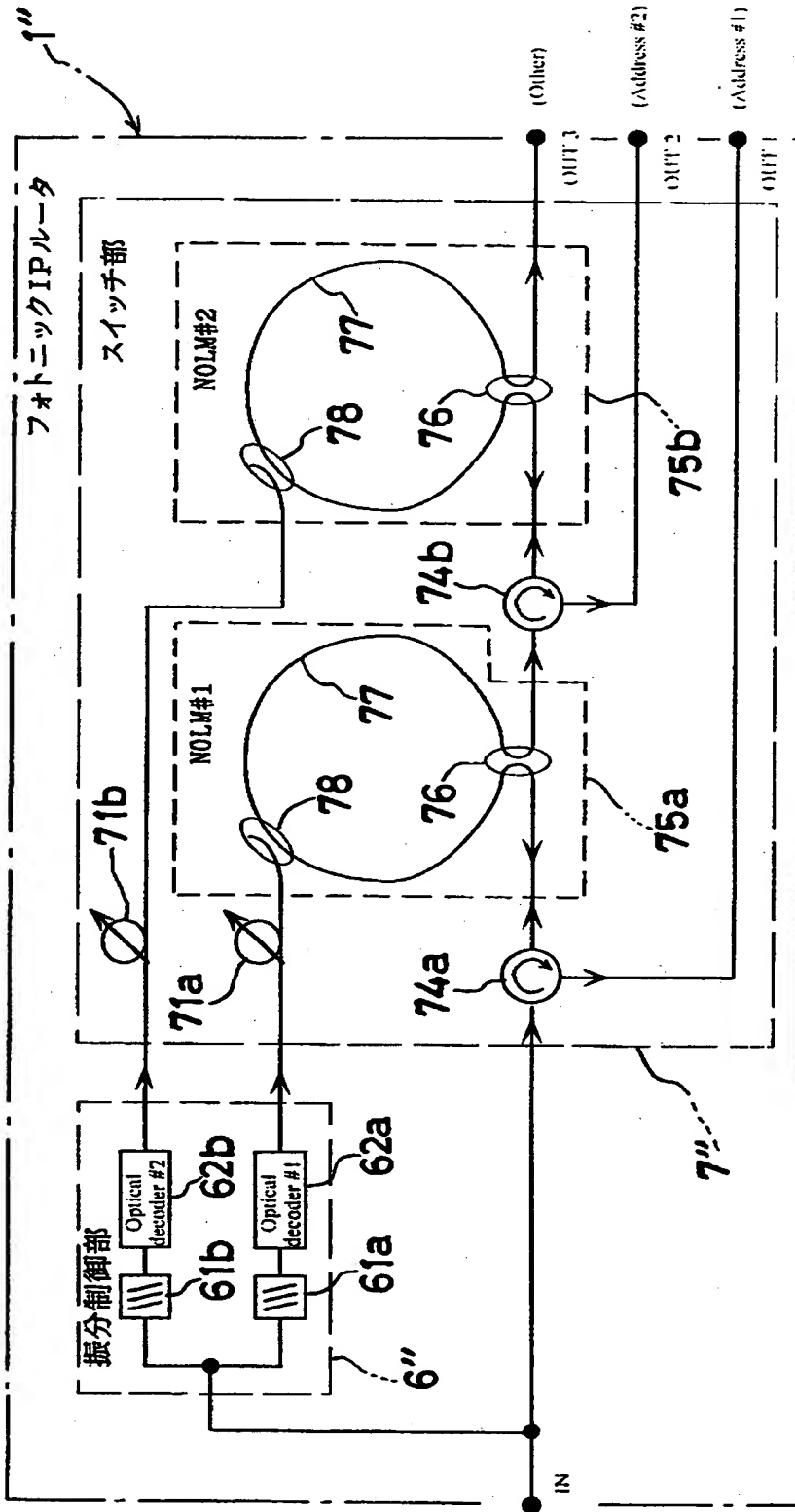
【図 7】



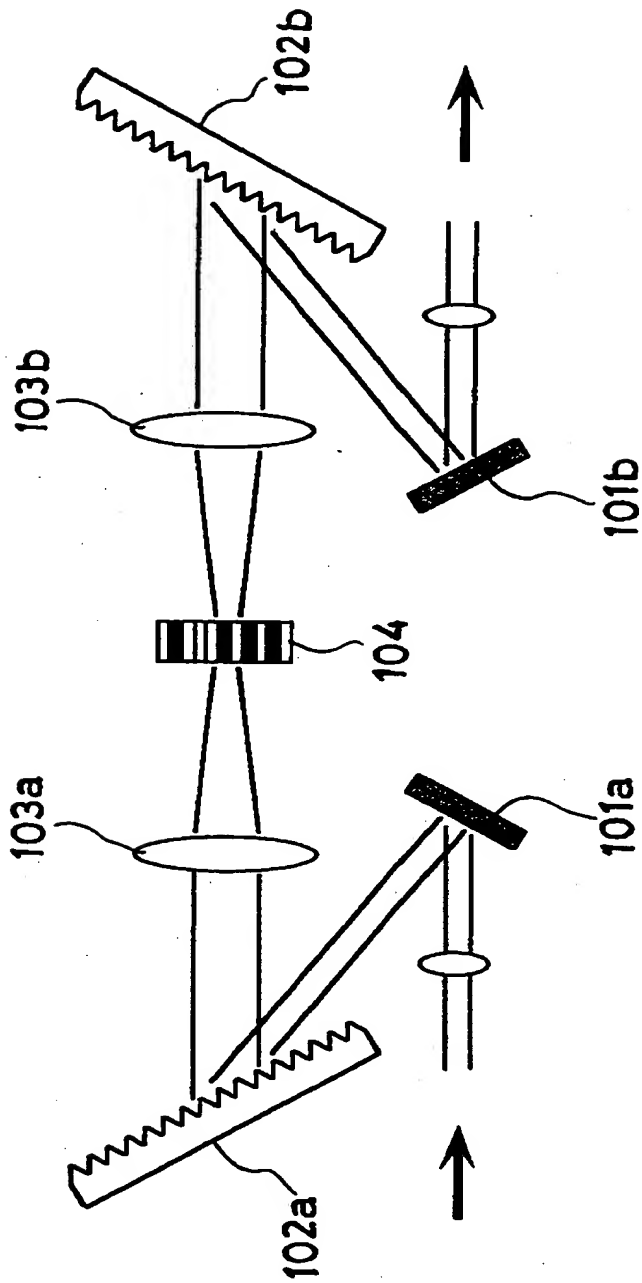
【図 8】



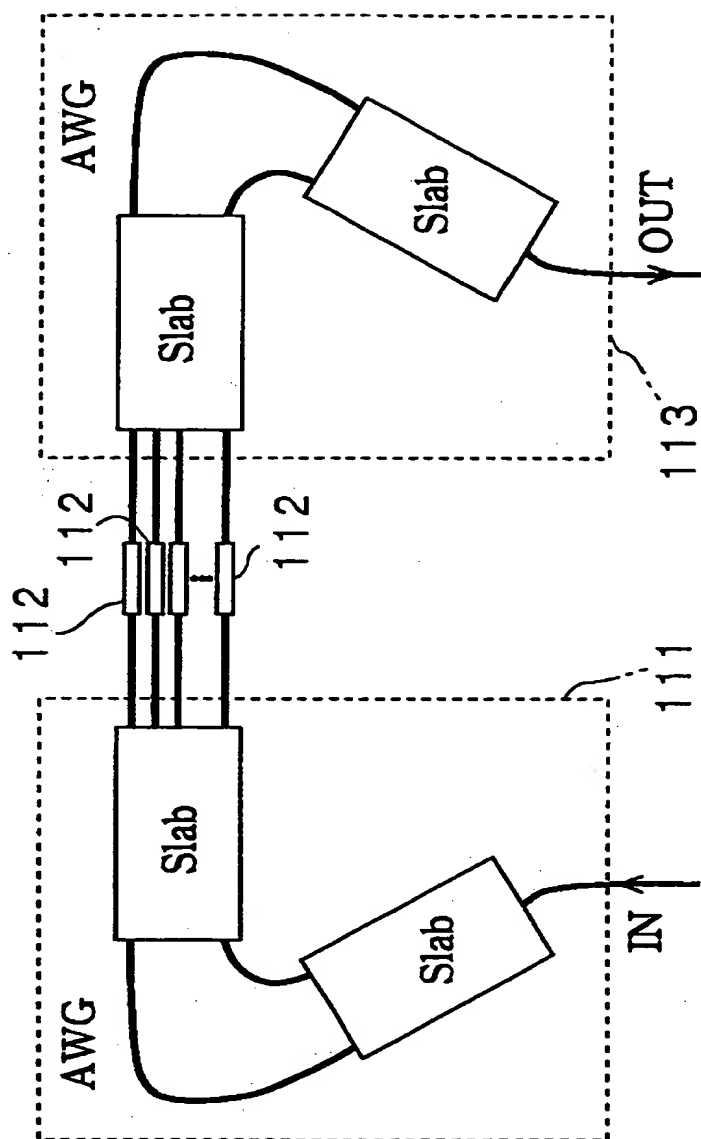
【図 9】



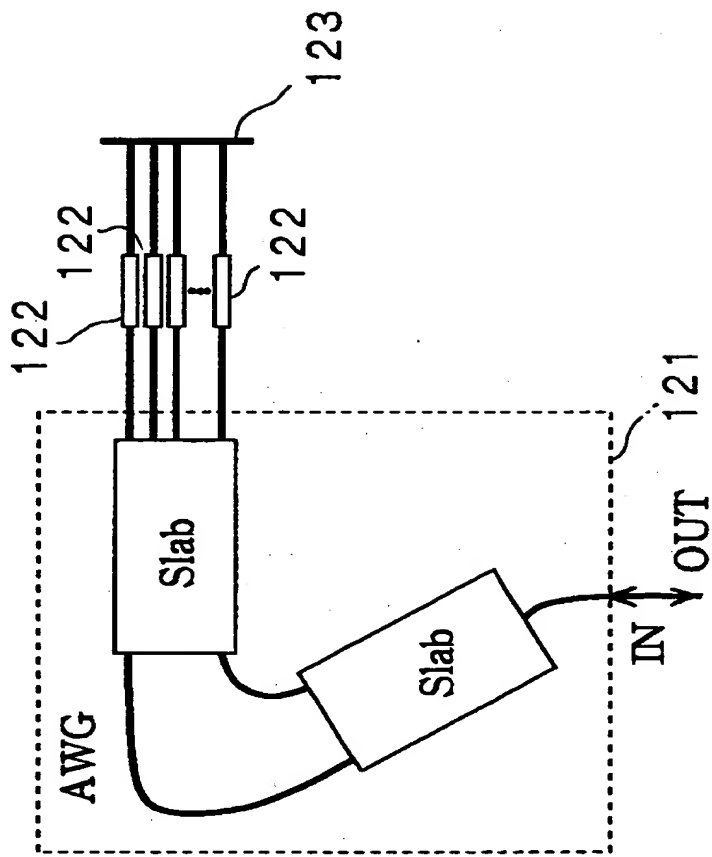
【図10】



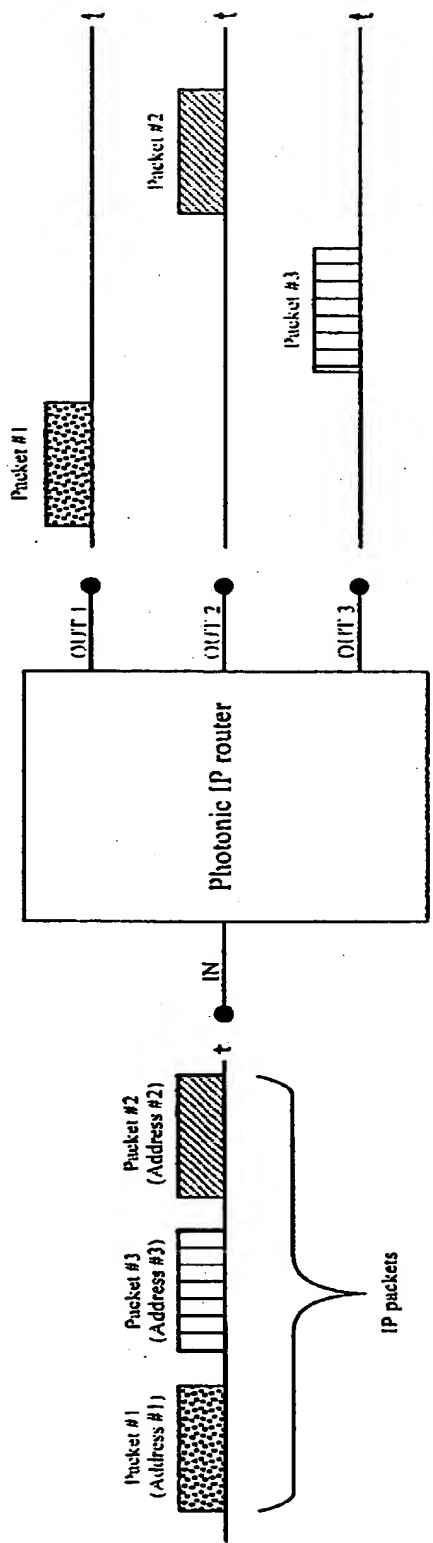
【図 1 1】



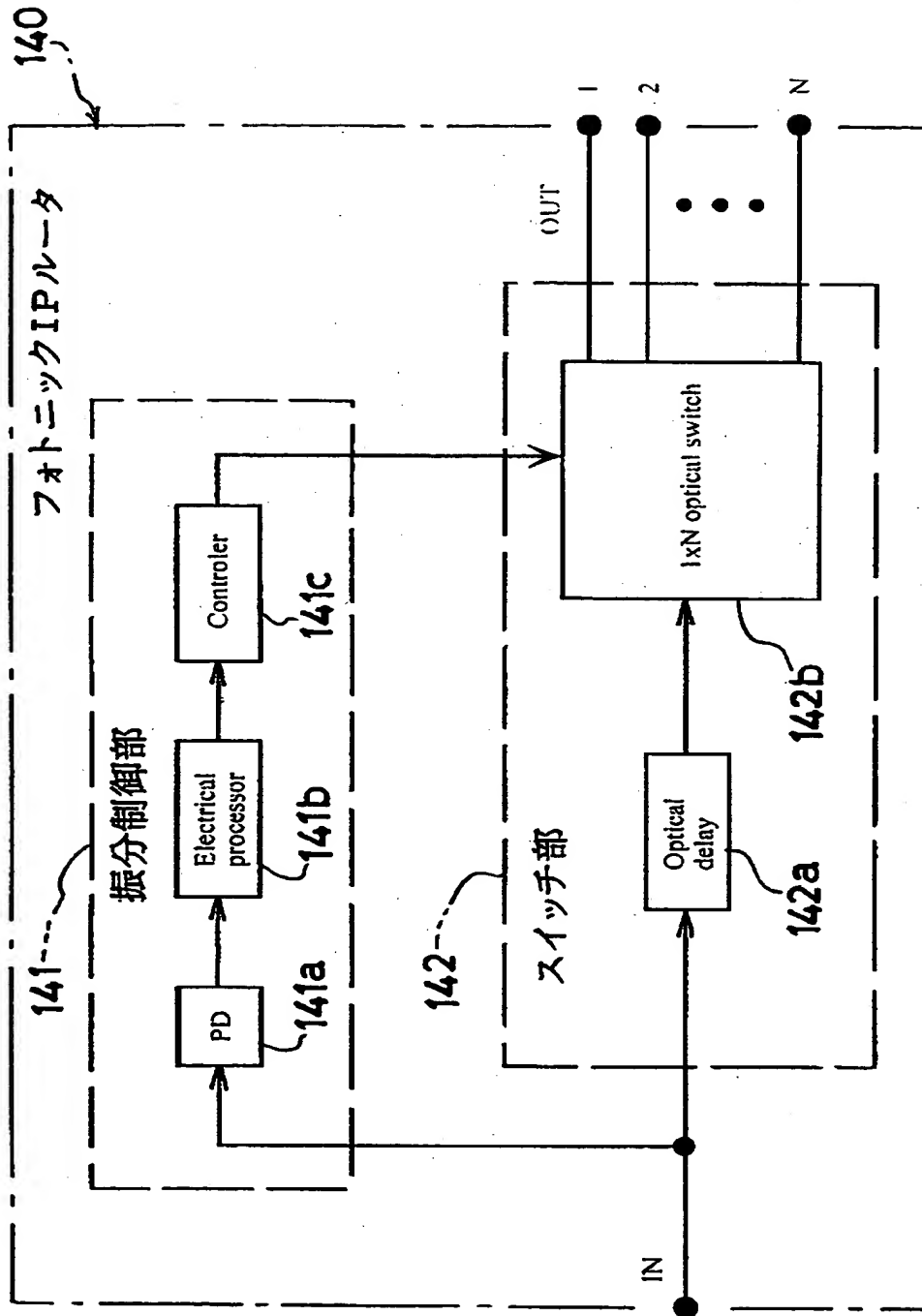
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【目的】 フォトニックネットワークでパケット送信を行う際のパケットルーティングを高速に行えるパケットルータを提供する。

【構成】 波長 (λ_n) と符号 (0、 π の組み合わせ) よりなるアドレス情報を付加したパケット 3 を送出する送信機 2 と伝送路 4 を介して接続されたフォトニック IP ルータ 1 は、入力されたパケット 3 を振分制御部 6 とスイッチ部 7 に 2 分岐し、振分制御手段 6 のフォトニックプロセッサ 6 a で復号し、光検波器 6 b で光電変換したスイッチ制御信号をスイッチ部 7 へ供給すると、光遅延器 7 a により時間的な遅延を付加されたパケット 3 が 1 × 3 光スイッチ 7 b に到達した際に、スイッチ制御信号に応じた出力ポートを開くように 1 × 3 光スイッチ 7 b が切り換えることで、パケット 3 はアドレス情報に応じた伝送路 5 a ~ 5 c の何れかに振り分けられる。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	平成11年 特許願 第355967号
受付番号	59901222856
書類名	特許願
担当官	鈴木 夏生 6890
作成日	平成12年 2月 8日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】	申請人
【識別番号】	391027413
【住所又は居所】	東京都小金井市貫井北町4丁目2番1号
【氏名又は名称】	郵政省通信総合研究所長

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[391027413]

1. 変更年月日 1991年 3月11日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都小金井市貫井北町4丁目2番1号

氏 名 郵政省通信総合研究所長